

明 細 書

発明の名称：複合アミン吸収液、除去装置及び除去方法

技術分野

- [0001] 本開示は、複合アミン吸収液、除去装置及び除去方法に関する。
- [0002] 近年、地球の温暖化現象の原因の一つとして、 CO_2 による温室効果が指摘され、地球環境を守る上で国際的にもその対策が急務となってきた。 CO_2 の発生源としては化石燃料を燃焼させるあらゆる人間の活動分野に及び、その排出抑制への要求が一層強まる傾向にある。これに伴い大量の化石燃料を使用する火力発電所などの動力発生設備を対象に、ボイラの燃焼排ガスをアミン系 CO_2 吸収液と接触させ、燃焼排ガス中の CO_2 を除去・回収する方法及び回収された CO_2 を大気へ放出することなく貯蔵する方法が精力的に研究されている。また、アミン系 CO_2 吸収液を用い、燃焼排ガスから CO_2 を除去・回収する工程としては、吸収塔において燃焼排ガスと CO_2 吸収液とを接触させ、 CO_2 を吸収した吸収液を再生塔において加熱し、 CO_2 を放出させると共に吸収液を再生して再び吸収塔に循環して再使用するものが採用されている。
- [0003] CO_2 吸収液としては、例えばアミン化合物を含む吸収液が提案されている（特許文献1から特許文献5参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2018-183729号公報
特許文献2：特開2020-022933号公報
特許文献3：特開2020-044489号公報
特許文献4：特表2007-527791号公報
特許文献5：特開2018-122278号公報
特許文献6：特許第6841676号公報

発明の概要

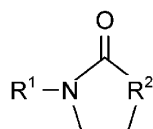
発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1から特許文献5に記載されている吸収液を用いることで、処理対象のガスに含まれる CO_2 、 H_2S の少なくとも一方を吸収液でガスから分離させることができる。ここで、吸収液は、吸収性能が良好であるほど、吸収する対象の CO_2 、 H_2S を効率よく回収することができる。ここで、吸収液は、吸収した CO_2 、 H_2S を放出する性能が低いと、吸収液から CO_2 、 H_2S を放出させるためのエネルギーが多く必要となり、装置としての効率の向上に限界が生じる。

[0006] 本開示は、上記問題に鑑み、吸収性能が良好であり、かつ、捕集した CO_2 、 H_2S を効率よく放出できる複合アミン吸収液、除去装置及び除去方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決するための本開示の複合アミン吸収液は、ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、(a)鎖状モノアミンと、(b)ジアミンと、(c)化学式の環状化合物と、
[化1]



R^1 ：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアシル基のいずれか

R^2 ：酸素または $\text{N}-\text{R}^3$

R^3 ：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアシル基のいずれか

(d) 水と、を含む。

[0008] 上述した課題を解決するための本開示の除去装置は、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させて CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を除去する吸収塔と、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収した溶液を再生する吸収液再生塔とを有し、前記吸収液再生塔で CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去装置であって、上記に記載の複合アミン吸収液を用いる。

[0009] 上述した課題を解決するための本開示の除去方法は、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させて CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収塔内で除去し、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収した溶液を吸収液再生塔内で再生し、前記吸収液再生塔で CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去方法であって、上記に記載の複合アミン吸収液を用いる。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、(a)の直鎖モノアミンと、(b)のジアミンと、(c)の化学式を満足する環状化合物とを、水に溶解して吸収液とすることによって、複合的に絡み合い、これらの相乗効果により、 CO_2 又は H_2S 又はその双方の吸収性を維持しつつ、捕集した CO_2 、 H_2S を効率よく放出でき、エネルギー効率の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の吸収液を用いる CO_2 回収装置の構成を示す概略図である。

[図2]図2は、表2の実施例と第1比較例とのリボイラ熱量削減率の各結果を示す図である。

[図3]図3は、表3の実施例と第1比較例とのリボイラ熱量削減率の各結果を示す図である。

[図4]図4は、表6の実施例と第2比較例とのリボイラ熱量削減率の各結果を示す図である。

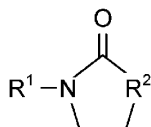
発明を実施するための形態

[0012] 以下に添付図面を参照して、本開示の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本開示が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

[0013] 本開示による複合アミン吸収液は、ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、(a)鎖状モノアミンと、(b)ジアミンと、(c)下記「化2」に示す化学式の環状化合物と、(d)水と

、を含む。

[化2]



R¹：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアシル基のいずれか

R²：酸素またはN-R³

R³：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアシル基のいずれか

つまり、(a) 鎖状モノアミンと、(b) ジアミンと、(c) 上記化学式の環状化合物と、が、水に溶解した液体である。本開示では、(a) 鎖状モノアミンと、(b) ジアミンと、(c) 上記化学式の環状化合物とを、水に溶解して吸収液とすることによって、複合的に絡み合い、これらの相乗効果により、CO₂及びH₂Sの少なくとも一方が含まれたガスに対するCO₂又はH₂S又はその双方の吸収性を維持しつつ、放出性が良好となる。つまり、吸収液の反応速度を高く維持しつつ、リボイラでの放出に必要な熱量を低減することができる。

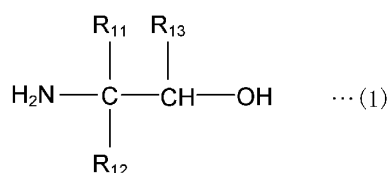
[0014] ここで、(a) 直鎖モノアミン(a成分)は、1級直鎖モノアミン(a1成分、1級鎖状モノアルカノールアミン)、2級直鎖モノアミン(a2成分、2級鎖状モノアルカノールアミン)、3級直鎖モノアミン(a3成分、3級鎖状モノアルカノールアミン)の少なくとも一つを含むものである。また、1級直鎖モノアミンと2級直鎖モノアミンとの2成分直鎖アミンの組合せ、1級直鎖モノアミンと3級直鎖モノアミンとの2成分直鎖アミンの組合せ、さらには1級直鎖モノアミン、2級直鎖モノアミン及び3級直鎖モノアミンの3成分直鎖アミンの組合せとしてもよい。

[0015] また、1級直鎖モノアミン(a1成分、1級鎖状モノアルカノールアミン)としては、立体障害性の低い1級モノアミン(a1L成分)又は立体障害性の高い1級モノアミン(a1H成分)とするのが好ましい。ここで、1級直鎖モノアミンにおいて、立体障害性の低い1級モノアミン(a1L成分)

としては、例えばモノエタノールアミン（MEA）、3-アミノ-1-プロパノール、4-アミノ-1-ブタノール、ジグリコールアミンから選ばれる少なくとも一種を挙げることができる。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0016] また、1級直鎖モノアミンにおいて、立体障害性の高い1級モノアミン（a1H成分）としては、下記「化3」に示す化学式で表される化合物であることが好ましい。

[化3]

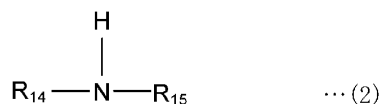


R₁₁~R₁₃: H又は炭素数1~3の炭化水素基

[0017] 具体的には、立体障害性の高い1級モノアミン（a1H成分）としては、例えば2-アミノ-1-プロパノール（2A1P）、2-アミノ-1-ブタノール（2A1B）、2-アミノ-3-メチル-1-ブタノール（AMB）、1-アミノ-2-プロパノール（1A2P）、1-アミノ-2-ブタノール（1A2B）、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール（AMP）等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0018] また、2級直鎖モノアミン（a2）としては、下記「化4」に示す化学式で表される化合物であることが好ましい。

[化4]



R₁₄: 炭素数1~4の直鎖炭化水素基

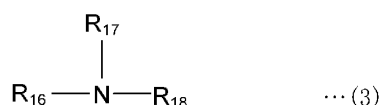
R₁₅: 炭素数1~4のヒドロキシアルキル基

[0019] 具体的には、2級直鎖モノアミン（a2、2級鎖状モノアルカノールアミ

ン) としては、例えば N-メチルアミノエタノール、N-エチルアミノエタノール、N-プロピルアミノエタノール、N-ブチルアミノエタノール等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0020] また、3級直鎖モノアミン (a 3) としては、下記「化5」に示す化学式で表される化合物であることが好ましい。

[化5]



R₁₆: 炭素数1~4の炭化水素基

R₁₇: 炭素数1~4の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基

R₁₈: 炭素数1~4の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基

[0021] 具体的には、3級直鎖モノアミン (a 3、3級鎖状モノアルカノールアミン) としては、例えば N-メチルジエタノールアミン、N-エチルジエタノールアミン、N-ブチルジエタノールアミン、4-ジメチルアミノ-1-ブタノール、2-ジメチルアミノエタノール、2-ジエチルアミノエタノール、2-ジ-n-ブチルアミノエタノール、N-エチル-N-メチルエタノールアミン、3-ジメチルアミノ-1-プロパノール、2-ジメチルアミノ-2-メチル-1-プロパノール等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0022] (b) のジアミン (b 成分) としては、等級が同じアミノ基を有するジアミンを少なくとも一種含む。等級が同じアミノ基を有するジアミンとしては、1級直鎖ポリアミン、2級直鎖ポリアミン、2級環状ポリアミンの少なくとも一つを含むものであることが好ましい。

[0023] ここで、1級直鎖ポリアミン群としては、例えばエチレンジアミン (EDA)、プロパンジアミン (PDA) 等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。2級直鎖ポリアミン群としては、例えば、N, N'-ジメチルエチレンジアミン (DME

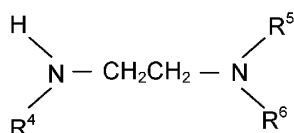
DA)、N, N'-ジエチルエチレンジアミン(DEEDA)、N, N'-ジメチルプロパンジアミン(DMPDA)等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0024] また、2級環状ポリアミンとしては、例えばピペラジン(PZ)、2-メチルピペラジン(2MPZ)、2, 5-ジメチルピペラジン(DMPZ)、等の少なくとも一種から選ばれた化合物を挙げることができるが本開示はこれに限定されるものではない。なお、これらを組み合わせるようにしてもよい。

[0025] また、ジアミン（ｂ成分）としては、（ｂ１）等級が同じアミノ基を有するジアミンを少なくとも一種と、（ｂ２）等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンを少なくとも一種と、を含む。（ｂ１）の等級が同じアミノ基を有するジアミンとしては、上述した各種ジアミンを用いることができる。

[0026] (b2) の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンは、下記〔化6〕に示す化学式を満足する。

[化6]



R⁴：水素、炭素数1～4の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基のいずれか

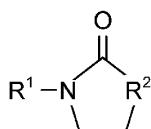
R⁵：水素、炭素数1～4の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基のいずれか

R⁶ : ヒドロキシアルキル基

R^4 が水素ではない場合、 R^5 も水素ではない

[0027] また、環状化合物（c成分）としては、上述したように、下記化学式を満足する各種化合物を用いることができる。

[化7]



R¹ : 水素, 炭素数 1 ~ 4 の炭化水素基, ヒドロキシアルキル基のいずれか

R² : 酸素または N - R³

R³ : 水素, 炭素数 1 ~ 4 の炭化水素基, ヒドロキシアルキル基のいずれか

[0028] ここで、環状化合物は、上記 [化 7] の R¹ が水素又は R¹⁴ 及び R¹⁶ から R¹⁸ と同じ炭化水素基であり、R² が酸素又は R³ が R¹⁴ 及び R¹⁶ から R¹⁸ と同じ炭化水素基である環状化合物とすることが好ましい。

[0029] 次に、各成分 (a 成分、b 成分、c 成分) の配合割合については、以下のような規定することが好ましい。(a) の直鎖モノアミン (a 成分) と、(b) のジアミン (b 成分) と (c) の化学式を満足する環状化合物との濃度合計は、吸収液全体の 20 重量%以上 80 重量%以下であることが好ましく、吸収液全体の 30 重量%以上 75 重量%以下とすることがより好ましく、吸収液全体の 40 重量%以上 70 重量%以下とすることがさらに好ましい。この範囲とすることで吸収液として良好に機能させることができる。

[0030] (a) の直鎖モノアミン (a 成分) は、吸収液全体の 15 重量%以上 60 重量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の 20 重量%以上 55 重量%以下とすることがより好ましい。(b) のジアミン (b 成分) は、吸収液全体の 1 重量%以上 25 重量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の 2 重量%以上 20 重量%以下とすることがより好ましい。(c) の化学式を満足する環状化合物は、吸収液全体の 1 重量%より多く 30 重量%以下であることが好ましく、さらに好適には、吸収液全体の 1 重量%より多く 20 重量%以下とすることがより好ましい。

[0031] また、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) に対して、(b) のジアミン (b 成分) 及び (c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) との配合割合は、((b) ジアミン + (c) の化学式を満足する環状化合物) / ((a) の鎖状モノアミン) の重量比が 0.033 以上 3.7 以下、つまり、 $0.033 \leq (b + c) / a \leq 3.7$ の配合とすることが好ましく、 $0.067 \leq (b + c) / a \leq 0.75$ の配合とすることがより好ましい。

[0032] また、(b) のジアミンと (c) の化学式を満足する環状化合物との配合

割合は、(b) のジアミン／(c) の化学式を満足する環状化合物の重量比が $0.033 \leq b/c \leq 1.8$ であることが好ましい。つまり、 $0.033 \leq b/c \leq 1.8$ の配合とすることが好ましく、 $0.20 \leq b/c \leq 5.0$ の配合とすることがより好ましい。

[0033] また、水分 (d 成分) の配合割合 (重量%) は、(a) の直鎖モノアミンと、(b) のジアミンと、(c) の化学式を満足する環状化合物の合計重量の残りを、水の重量割合としている。

[0034] 本開示において、例えば CO_2 等を含有する排ガスとの接触時の化学吸収法の吸収塔の吸収温度は、通常 $30 \sim 80^\circ\text{C}$ の範囲とするのが好ましい。また本開示で用いる吸収液には、必要に応じて腐食防止剤、劣化防止剤などが加えられる。

[0035] また、処理されるガス中の CO_2 を吸収する吸収時の CO_2 吸収塔入口の CO_2 分圧としては、低 CO_2 分圧 (例えば $0.003 \sim 0.1 \text{ MPa}$) とするのが化学吸収法の適用から好ましい。

[0036] 本開示において、 CO_2 等を吸収した吸収液から、 CO_2 等を放出する再生塔での再生温度は、再生塔内圧力が $130 \sim 200 \text{ kPa}$ (絶対圧) の場合、吸収液再生塔の塔底温度が 110°C 以上であることが好ましい。これは、 110°C 未満での再生では、システム内での吸収液の循環量を多くすることが必要となり、再生効率の点から好ましくないからである。より好適には 115°C 以上での再生が好ましい。

[0037] 本開示により処理されるガスとしては、例えば石炭ガス化ガス、合成ガス、コークス炉ガス、石油ガス、天然ガス等を挙げることができるが、これらに限定されるものではなく、 CO_2 や H_2S 等の酸性ガスを含むガスであれば、いずれのガスでもよい。

[0038] 本開示のガス中の CO_2 又は H_2S 又はその双方を除去する方法で採用できるプロセスは、特に限定されないが、 CO_2 を除去する除去装置の一例について図 1 を参照しつつ説明する。

[0039] 図 1 は、実施例 1 に係る CO_2 回収装置の構成を示す概略図である。図 1 に

示すように、実施例 1 に係る CO_2 回収装置 12 は、ボイラやガスタービン等の産業燃焼設備 13 から排出された CO_2 と O_2 とを含有する排ガス 14 を冷却水 15 によって冷却する排ガス冷却装置 16 と、冷却された CO_2 を含有する排ガス 14 と CO_2 を吸収する CO_2 吸収液（以下、「吸収液」ともいう。）17 とを接触させて排ガス 14 から CO_2 を除去する CO_2 回収部 18A を有する CO_2 吸収塔 18 と、 CO_2 を吸収した CO_2 吸収液（以下、「リッチ溶液」ともいう。）19 から CO_2 を放出させて CO_2 吸収液を再生する吸収液再生塔 20 と、を有する。そして、この CO_2 回収装置 12 では、吸収液再生塔 20 で CO_2 を除去した再生 CO_2 吸収液（以下、「リーン溶液」ともいう。）17 は CO_2 吸収塔 18 で CO_2 吸収液として再利用する。

[0040] なお、図 1 中、符号 13a は煙道、13b は煙突、34 はスチーム凝縮水である。前記 CO_2 回収装置 12 は、既設の排ガス源から CO_2 を回収するために後付で設けられる場合と、新設排ガス源に同時付設される場合とがある。なお、排ガス 14 のラインには開閉可能なダンパを設置し、 CO_2 回収装置 12 の運転時は開放する。また排ガス源は稼動しているが、 CO_2 回収装置 12 の運転を停止した際は閉止するように設定する。

[0041] この CO_2 回収装置 12 を用いた CO_2 回収方法では、まず、 CO_2 を含んだボイラやガスタービン等の産業燃焼設備 13 からの排ガス 14 は、排ガス送風機 22 により昇圧された後、排ガス冷却装置 16 に送られ、ここで冷却水 15 により冷却され、 CO_2 吸収塔 18 に送られる。

[0042] 前記 CO_2 吸収塔 18 において、排ガス 14 は本実施例に係るアミン吸収液である CO_2 吸収液 17 と向流接触し、排ガス 14 中の CO_2 は、化学反応により CO_2 吸収液 17 に吸収される。 CO_2 回収部 18A で CO_2 が除去された後の CO_2 除去排ガスは、 CO_2 吸収塔 18 内の水洗部 18B でノズルから供給される CO_2 吸収液を含む循環する洗浄水 21 と気液接触して、 CO_2 除去排ガスに同伴する CO_2 吸収液 17 が回収され、その後 CO_2 が除去された排ガス 23 は系外に放出される。また、 CO_2 を吸収した CO_2 吸収液であるリッチ溶液 19 は、リッチ溶液ポンプ 24 により昇圧され、リッチ・リーン溶液熱交換器 2

5において、吸収液再生塔20で再生されたCO₂吸収液17であるリーン溶液により加熱され、吸収液再生塔20に供給される。

[0043] 吸収液再生塔20の上部から内部に放出されたリッチ溶液19は、底部から供給される水蒸気により吸熱反応を生じて、大部分のCO₂を放出する。吸収液再生塔20内で一部または大部分のCO₂を放出したCO₂吸収液はセミリーン溶液と呼称される。このセミリーン溶液は、吸収液再生塔20の底部に至る頃には、ほぼ全てのCO₂が除去されたCO₂吸収液（リーン溶液）17となる。このリーン溶液17はその一部がリボイラ26で水蒸気27により過熱され、吸収液再生塔20内部にCO₂脱離用の水蒸気を供給している。

[0044] 一方、吸収液再生塔20の塔頂部からは、塔内においてリッチ溶液19およびセミリーン溶液から放出された水蒸気を伴ったCO₂同伴ガス28が導出され、コンデンサ29により水蒸気が凝縮され、分離ドラム30にて水が分離され、CO₂ガス40が系外に放出されて、別途圧縮器41により圧縮され、回収される。この圧縮・回収されたCO₂ガス42は、分離ドラム43を経由した後、石油増進回収法（EOR: Enhanced Oil Recovery）を用いて油田中に圧入するか、帯水層へ貯留し、温暖化対策を図っている。水蒸気を伴ったCO₂同伴ガス28から分離ドラム30にて分離・還流された還流水31は還流水循環ポンプ35にて吸収液再生塔20の上部と洗浄水21側に各々供給される。再生されたCO₂吸収液（リーン溶液）17は、リッチ・リーン溶液熱交換器25にて、リッチ溶液19により冷却され、つづいてリーン溶液ポンプ32にて昇圧され、さらにリーン溶液クーラ33にて冷却された後、CO₂吸収塔18内に供給される。なお、この実施の形態では、あくまでその概要を説明するものであり、付属する機器を一部省略して説明している。

[0045] 以下、本開示の効果を示す好適な実施例について説明するが、本開示はこれに限定されるものではない。

[0046] [実施例]

図示しない吸収試験装置を用いて、CO₂の吸収を行った。図2は、実施例

1－1 から 1－18 における 3 成分系の複合アミン吸収液（直鎖モノアミン（a 成分）、ジアミン（b 成分）、化学式を満足する環状化合物（c 成分）を水（d 成分）に溶解したもの）と比較例とのリボイラ熱量削減率の関係を計測した結果を示す図である。化学式を満足する環状化合物の R¹ と R² との組み合わせを下記〔表 1〕に示し、実施例の成分一覧を下記〔表 2〕に示す。下記実施例では、全量に対する（直鎖モノアミン（a 成分）＋ジアミン（b 成分））の濃度を 47 w％～60 w t％とした。

[0047] 〔表 1〕

（表 1）

化学式	R ¹	R ²
I -1	H	O
I -2	CH ₃	
I -3	CH ₃ －CH ₂	
I -4	CH ₃ －CH ₂ －CH ₂	
I -5	CH ₃ －CH ₂ －CH ₂ －CH ₂	
I -6	HO－CH ₂ －CH ₂	
I -7	H	N－CH ₂ －CH ₂ －OH
I -8	CH ₃	
I -9	CH ₃ －CH ₂	
I -10	CH ₃ －CH ₂ －CH ₂	
I -11	CH ₃ －CH ₂ －CH ₂ －CH ₂	
I -12	HO－CH ₂ －CH ₂	

[0048]

[表2]

(表2)

実施例	(a)鎖状モノアミン		(b)ジアミン	(c)化学式 I で示される 表1.1の環状化合物		
				成分		(c)合計 濃度 (wt%)
1-1	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-6	-	30
1-2	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-6	-	15
1-3	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-6	-	5
1-4	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	プロパンジ アミン	I-6	-	15~30
1-5	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-7	I-12	
1-6	N-エチルアミノ エタノール	-	2-メチル ピペラジン	I-9	I-1	
1-7	N-エチルアミノ エタノール	-	ピペラジン	I-3	I-9	
1-8	N-ブチルアミノ エタノール	-	2-メチル ピペラジン	I-11	I-1	
1-9	N-ブチルアミノ エタノール	-	ピペラジン	I-5	I-11	
1-10	N-エチルアミノ エタノール	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-9	I-1	
1-11	N-ブチルアミノ エタノール	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-11	I-1	
1-12	N-メチルジ エタノールアミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-8	-	
1-13	N-メチルジ エタノールアミン	N-エチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-8	I-9	
1-14	N-メチルジ エタノールアミン	N-ブチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-8	I-11	
1-15	N-エチルジ エタノールアミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-9	-	
1-16	N-エチルジ エタノールアミン	N-エチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-3	I-9	
1-17	N-エチルジ エタノールアミン	N-ブチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-9	I-5	
1-18	4-ジメチルアミノ- 1-ブタノール	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-2	-	

[0049] [実施例 1-1 から 1-3]

実施例 1-1 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、モノエタノールアミン及び 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い、(b) のジアミン (b 成分) としてピペラジンを用い、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-6 とした環状化合物を用い、水 (d 成分) に溶解混合させて吸収液とした。実施例 1-1 では、全量に対する c 成分の濃度を 30 wt % とした。

[0050] 実施例 1-2 では、実施例 1-1 と同様のアミン成分を用い、全量に対する c 成分の濃度を 15 wt % とした。実施例 1-3 では、実施例 1-1 と同様のアミン成分を用い、全量に対する c 成分の濃度を 5 wt % とした。

[0051] 次に、実施例 1-4 から 1-18 では、実施例 1-1 に対してアミン成分を変更し、全量に対する c 成分の濃度を 15 wt % 以上 30 wt % 以下とした。また、c 成分が複数の化学式を満足する環状化合物である場合、全量に対する c 成分の濃度は、c 成分の合計濃度である。

[0052] 実施例 1-4 では、実施例 1-1 に対して、(b) のジアミン (b 成分) をプロパンジアミンとした以外は実施例 1-1 と同様の組成の吸収液とした。

[0053] 実施例 1-5 では、実施例 1-1 に対して、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-7 とした環状化合物と、化学式 1-12 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0054] 実施例 1-6 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-エチルアミノエタノールとし、(b) のジアミン (b 成分) を 2-メチルピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-9 とした環状化合物と、化学式 1-1 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた。

[0055] 実施例 1-7 では、実施例 1-6 に対して、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-3 とした環状化合物と、化学式

1-9とした環状化合物との2つの環状化合物を用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0056] 実施例1-8では、実施例1-6に対して、(a)の直鎖モノアミン(a成分)をN-ブチルアミノエタノールとし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表1の化学式1-11とした環状化合物と、化学式1-1とした環状化合物との2つの環状化合物を用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0057] 実施例1-9では、実施例1-7に対して、(a)の直鎖モノアミン(a成分)をN-ブチルアミノエタノールとし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表1の化学式1-5とした環状化合物と、化学式1-11とした環状化合物との2つの環状化合物を用いた以外は同様の組成の吸収液とした。

[0058] 実施例1-10では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)をN-エチルアミノエタノールと、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールとし、(b)のジアミン(b成分)をピペラジンとし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表1の化学式1-9とした環状化合物と、化学式1-1とした環状化合物との2つの環状化合物を用いた。

[0059] 実施例1-11では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)をN-ブチルアミノエタノールと、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールとし、(b)のジアミン(b成分)をピペラジンとし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表1の化学式1-11とした環状化合物と、化学式1-1とした環状化合物との2つの環状化合物を用いた。

[0060] 実施例1-12では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)をN-メチルジエタノールアミンと、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールとし、(b)のジアミン(b成分)をピペラジンとし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表1の化学式1-8と

した環状化合物を用いた。

[0061] 実施例 1-13 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-メチルジエタノールアミンと、N-エチルアミノエタノールとし、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-8 とした環状化合物と、化学式 1-9 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた。

[0062] 実施例 1-14 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-メチルジエタノールアミンと、N-ブチルアミノエタノールとし、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-8 とした環状化合物と、化学式 1-11 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた。

[0063] 実施例 1-15 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-エチルジエタノールアミンと、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールとし、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-9 とした環状化合物を用いた。。

[0064] 実施例 1-16 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-エチルジエタノールアミンと、N-エチルアミノエタノールとし、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-3 とした環状化合物と、化学式 1-9 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた。

[0065] 実施例 1-17 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を N-エチルジエタノールアミンと、N-ブチルアミノエタノールとし、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-9 とした環状化合物と、化学式 1-5 とした環状化合物との 2 つの環状化合物を用いた。

[0066] 実施例 1-18 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) を 4-ジメチルアミノ-1-ブタノールと、2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールと

し、(b) のジアミン (b 成分) をピペラジンとし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 1 の化学式 1-2 とした環状化合物を用いた。

[0067] 上記実施例のそれぞれについて吸収液が CO_2 を放出する処理時のリボイラの熱量を測定した。試験条件は、吸収条件が $40^\circ C$ 、 $10 kPa CO_2$ 、再生条件が $120^\circ C$ である。吸収塔において CO_2 を吸収した吸収液を、再生塔においてリボイラで加熱し、各条件において、吸収液から同量の CO_2 が再生塔から放出される際のリボイラへの供給水蒸気量と水蒸気の比エンタルピーから熱量を求めた。比較例として、それぞれの実施例について、(c) の化学式の環状化合物を含まず、(a) の直鎖モノアミンと (b) のジアミンの合計濃度がそれぞれの実施例と同じ、つまり、c 成分を水に置換した吸収液を作成して、同様のリボイラ熱量削減率を算出した。各実施例について、比較例を 100% として、実施例のリボイラ熱量の削減率、つまり $((\text{比較例のリボイラ熱量} - \text{実施例のリボイラ熱量}) / \text{比較例のリボイラ熱量}) \times 100$ [%] を算出した結果を図 2 に示す。

[0068] 図 2 に示すように、本実施例の吸収液を用いることで、(c) の化学式の環状化合物を含まない吸収液よりも、吸収液から対象ガスを放出するために必要な熱量であるリボイラ熱量を、 5% 以上削減することができる。また、吸収液の CO_2 の吸収の効率については、実施例と比較例で差は生じなかった。

[0069] 次に、実施例 1-5、1-13、1-14 と同じ、下記表 3 の実施例 1-5'、1-13'、1-14' について、(c 成分) の環状化合物を比較例の環状化合物とした場合とについて、リボイラ熱量削減率の測定を行った。下記実施例 1-5'、1-13'、1-14' では、全量に対する (直鎖モノアミン (a 成分) + ジアミン (b 成分)) の濃度を $47 w\% \sim 55 w t \%$ とした。

[0070]

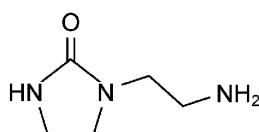
[表3]

(表3)

実施例	(a)鎖状モノアミン		(b)ジアミン	(c)化学式 I で示される 表1.1の環状化合物		
				成分		(c)合計 濃度 (wt%)
1-5'	モノエタノール アミン	2-アミノ-2-メチル- 1-プロパノール	ピペラジン	I-7	I-12	15~20
1-13'	N-メチルジ エタノールアミン	N-エチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-8	I-9	
1-14'	N-メチルジ エタノールアミン	N-ブチルアミノ エタノール	ピペラジン	I-8	I-11	

[0071] 比較例では、(c)成分の環状化合物に代えて、下記[化8]に示す1-(2-アミノエチル)-イミダゾリジン-2-オンを、実施例と同じ濃度分含む吸収液とした。

[化8]



[0072] 実施例と比較例との比較に基づいてリボイラ熱量削減率を算出した結果を図3に示す。図3に示すように、本実施例の吸収液を用いることで、(c)成分に本開示と異なる環状化合物の吸収液よりも、吸収液から対象ガスを放出するために必要な熱量であるリボイラ熱量を、2%から6%削減することができる。

[0073] 次に、実施例2として、(b成分)のジアミンを、(b1)等級が同じアミン基を含有するジアミンと、(b2)等級が異なるアミノ基を有する鎖状ジアミンと、を有する吸収液とした実施例について説明する。図4は、実施例2-1から2-18における3成分系の複合アミン吸収液(直鎖モノアミン(a成分)、等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)、等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)、化2の化学式で示される環状化合物(c成分)を水(d成分)に溶解したもの)と比較例との

リボイラ熱量削減率の関係を計測した結果を示す図である。（c成分）の〔化2〕の化学式を満足する環状化合物の R^1 と R^2 との組み合わせを下記〔表4〕に示し、（b2成分）の等級が異なるアミノ基を有する鎖状ジアミンの〔化6〕の R^4 と R^5 との R^6 との組み合わせを下記〔表5〕に示し、実施例の成分一覧を下記〔表6〕に示す。下記実施例では、全量に対する（直鎖モノアミン（a成分）+ジアミン（b成分））の濃度を47wt%～60wt%とした。

[0074] 〔表4〕

（表4）

化学式	R^1	R^2
I-1	H	O
I-2	CH ₃	
I-3	CH ₃ -CH ₂	
I-4	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂	
I-5	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂	
I-6	HO-CH ₂ -CH ₂	
I-7	H	N-CH ₂ -CH ₂ -OH
I-8	CH ₃	
I-9	CH ₃ -CH ₂	
I-10	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂	
I-11	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂	
I-12	HO-CH ₂ -CH ₂	

[0075]

[表5]

(表5)

化学式	R ⁴	R ⁵	R ⁶
II-1	H	H	CH ₂ -CH ₂ -OH
II-2	CH ₃	CH ₃	
II-3	CH ₃ -CH ₂	CH ₂ -CH ₃	
II-4	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂	CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	
II-5	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂	CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	
II-6	HO-CH ₂ -CH ₂	CH ₂ -CH ₂ -OH	
II-7	CH ₃	CH ₂ -CH ₃	
II-8	CH ₃ -CH ₂	CH ₃	
II-9	CH ₃	CH ₂ -CH ₂ -OH	
II-10	HO-CH ₂ -CH ₂	CH ₃	
II-11	CH ₃ -CH ₂	CH ₂ -CH ₂ -OH	
II-12	HO-CH ₂ -CH ₂	CH ₂ -CH ₃	

[0076]

[表6]

(表6)

実施例	(a)鎖状モノアミン		(b)ジアミン			(c)化学式 I で示される表1.1の環状化合物		
			(b1)等級が同じアミノ基を含有するジアミン	(b2)等級が異なるアミノ基を含有するジアミン	(b2)濃度 (wt%)	成分		(c)合計濃度 (wt%)
2-1	モノエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-1	13	I-6	-	20
2-2	モノエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-1	8	I-6	-	20
2-3	モノエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-1	1	I-6	-	20
2-4	モノエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	プロパンジアミン	II-1	3~8	I-6	-	10~20
2-5	モノエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-6		I-7	I-12	
2-6	N-エチルアミノエタノール	-	2-メチルピペラジン	II-11		I-9	I-1	
2-7	N-エチルアミノエタノール	-	ピペラジン	II-3		I-3	I-9	
2-8	N-ブチルアミノエタノール	-	2-メチルピペラジン	II-5		I-11	I-1	
2-9	N-ブチルアミノエタノール	-	ピペラジン	II-1		I-5	I-11	
2-10	N-エチルアミノエタノール	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-8		I-9	I-1	
2-11	N-ブチルアミノエタノール	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-1		I-11	I-1	
2-12	N-メチルジエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-9		I-8	-	
2-13	N-メチルジエタノールアミン	N-エチルアミノエタノール	ピペラジン	II-7		I-8	I-9	
2-14	N-メチルジエタノールアミン	N-ブチルアミノエタノール	ピペラジン	II-10		I-8	I-11	
2-15	N-エチルジエタノールアミン	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-3		I-9	-	
2-16	N-エチルジエタノールアミン	N-エチルアミノエタノール	ピペラジン	II-3		I-3	I-9	
2-17	N-エチルジエタノールアミン	N-ブチルアミノエタノール	ピペラジン	II-12		I-9	I-5	
2-18	4-ジメチルアミノ-1-ブタノール	2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール	ピペラジン	II-2		I-2	-	

[0077] [実施例 2-1 から 2-3]

実施例 2-1 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、モノエタノールアミンと 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い、(b 1) の等級が同じアミノ基を含有するジアミン (b 1 成分) としてピペラジン

を用い、(b 2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b 2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式I I-1とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-6とした環状化合物を用いた。実施例2-1では、(b 2成分)の全量に対する濃度を13wt%とし、(c成分)の全量に対する濃度を20wt%とした。

[0078] 実施例2-2では、実施例2-1と同様のアミン成分を用い、(b 2成分)の全量に対する濃度を8wt%とした。実施例2-3では、実施例2-1と同様のアミン成分を用い、(b 2成分)の全量に対する濃度を1wt%とした。

[0079] 次に、実施例2-4から2-18では、実施例2-1に対してアミン成分を変更し、(b 2成分)の全量に対する濃度を3~8wt%とし、(c成分)の全量に対する濃度を10~20wt%とした。

[0080] 実施例2-4では、実施例2-1に対して、(b 1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b 1成分)をプロパンジアミンとした以外は実施例2-1と同様の組成の吸収液とした。

[0081] 実施例2-5では、実施例2-1に対して、(b 2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b 2成分)を R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表4の化学式I-6とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-7とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-12とした環状化合物とを用いたとした以外は同様の組成の吸収液とした。

[0082] 実施例2-6では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、N-エチルアミノエタノールを用い、(b 1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b 1成分)として2-メチルピペラジンを用い、(b 2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b 2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式I I-11とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-9と

した環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-1とした環状化合物とを用いた。

[0083] 実施例2-7では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、N-エチルアミノエタノールを用い、(b1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)としてピペラジンをを用い、(b2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式II-3とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-3とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-9とした環状化合物とを用いた。

[0084] 実施例2-8では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、N-ブチルアミノエタノールを用い、(b1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)として2-メチルピペラジンをを用い、(b2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式II-5とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-11とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-1とした環状化合物とを用いた。

[0085] 実施例2-9では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、N-ブチルアミノエタノールを用い、(b1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)としてピペラジンをを用い、(b2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式II-1とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-5とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式I-11とした環状化合物とを用いた。

[0086] 実施例2-10では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、N-エチルアミノエタノールと2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い

、（b 1）の等級が同じアミノ基を含有するジアミン（b 1 成分）としてピペラジンを用い、（b 2）の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン（b 2 成分）として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式ⅠⅠ-8とし、（c）の化学式を満足する環状化合物（c 成分）として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-9とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-1とした環状化合物とを用いた。

[0087] 実施例2-11では、（a）の直鎖モノアミン（a 成分）として、N-ブチルアミノエタノールと2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い、（b 1）の等級が同じアミノ基を含有するジアミン（b 1 成分）としてピペラジンを用い、（b 2）の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン（b 2 成分）として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式ⅠⅠ-1とし、（c）の化学式を満足する環状化合物（c 成分）として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-11とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-1とした環状化合物とを用いた。

[0088] 実施例2-12では、（a）の直鎖モノアミン（a 成分）として、N-メチルジエタノールアミンと2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い、（b 1）の等級が同じアミノ基を含有するジアミン（b 1 成分）としてピペラジンを用い、（b 2）の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン（b 2 成分）として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式ⅠⅠ-9とし、（c）の化学式を満足する環状化合物（c 成分）として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-8とした環状化合物を用いた。

[0089] 実施例2-13では、（a）の直鎖モノアミン（a 成分）として、N-メチルジエタノールアミンとN-エチルアミノエタノールを用い、（b 1）の等級が同じアミノ基を含有するジアミン（b 1 成分）としてピペラジンを用い、（b 2）の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン（b 2 成分）として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式ⅠⅠ-7とし、（c）の化学式を満足する環状化合物（c 成分）として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式Ⅰ-8とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化

学式 1-9 とした環状化合物とを用いた。

[0090] 実施例 2-14 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、N-メチルジエタノールアミンと N-ブチルアミノエタノールを用い、(b 1) の等級が同じアミノ基を含有するジアミン (b 1 成分) としてピペラジンを用い、(b 2) の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン (b 2 成分) として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表 5 の化学式 11-10 とし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 4 の化学式 1-8 とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 4 の化学式 1-11 とした環状化合物とを用いた。

[0091] 実施例 2-15 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、N-エチルジエタノールアミンと 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールを用い、(b 1) の等級が同じアミノ基を含有するジアミン (b 1 成分) としてピペラジンを用い、(b 2) の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン (b 2 成分) として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表 5 の化学式 11-3 とし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 4 の化学式 1-9 とした環状化合物とを用いた。

[0092] 実施例 2-16 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、N-エチルジエタノールアミンと N-エチルアミノエタノールを用い、(b 1) の等級が同じアミノ基を含有するジアミン (b 1 成分) としてピペラジンを用い、(b 2) の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン (b 2 成分) として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表 4 の化学式 11-3 とし、(c) の化学式を満足する環状化合物 (c 成分) として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 4 の化学式 1-3 とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表 4 の化学式 1-9 とした環状化合物とを用いた。

[0093] 実施例 2-17 では、(a) の直鎖モノアミン (a 成分) として、N-エチルジエタノールアミンと N-ブチルアミノエタノールを用い、(b 1) の等級が同じアミノ基を含有するジアミン (b 1 成分) としてピペラジンを用い、(b 2) の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン (b 2 成分)

として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式11-12とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式1-9とした環状化合物と、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式1-5とした環状化合物とを用いた。

[0094] 実施例2-18では、(a)の直鎖モノアミン(a成分)として、4-ジメチルアミノ-1-ブタノールと2-アミノ-2-メチル-1-プロパノールとを用い、(b1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)としてピペラジンを、(b2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)として、 R^4 と R^5 と R^6 との組み合わせを表5の化学式11-2とし、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)として、 R^1 と R^2 の組み合わせを表4の化学式1-2とした環状化合物とを用いた。

[0095] 比較例として、それぞれの実施例について、(b2)の等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミン(b2成分)と、(c)の化学式を満足する環状化合物(c成分)の重量分を含まず、(a)の直鎖モノアミン(a成分)と、(b1)の等級が同じアミノ基を含有するジアミン(b1成分)の重量が実施例と同じ吸収液を作成して、同様のリボイラ熱量を算出した。各実施例について、比較例を1として、実施例のリボイラ熱量削減率を算出した結果を図4に示す。

[0096] 図4に示すように、実施例の吸収液を用いることで、比較例の吸収液よりもリボイラの熱量を10%以上削減することができる。

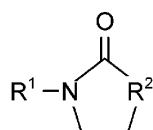
[0097] 以上の実施例に示すように、(a)鎖状モノアミンと、(b)ジアミンと、(c)〔化2〕を満足する環状化合物と、(d)水と、を含む複合アミン吸収液を用いることで、リボイラで吸収した CO_2 、 H_2S を放出させやすくすることができ、放出に必要な熱量を削減することができる。これにより、 CO_2 、 H_2S の回収に必要なエネルギーをより低減することができる。また、吸収液としての反応速度も維持することができる。これにより、吸収液としての性能を高くすることができる。

[0098] 本開示は、以下の発明を開示している。なお、下記に限定されない。

(1) ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、

- (a) 鎖状モノアミンと、
- (b) ジアミンと、
- (c) 下記化学式の環状化合物と、

[化9]

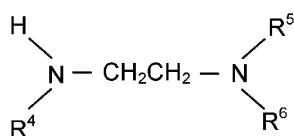


R^2 : 酸素または $\text{N}-\text{R}^3$

R^3 : 水素, 炭素数1~4の炭化水素基, ヒドロキシアルキル基のいずれか

- (d) 水と、を含む複合アミン吸収液。
- (2) (a) の鎖状モノアミンは、1級鎖状モノアルカノールアミン、2級鎖状モノアルカノールアミンまたは3級鎖状モノアルカノールアミンの少なくとも一種を含む(1)に記載の複合アミン吸収液。
- (3) (b) ジアミンは、等級が同じアミノ基を含有するジアミンを少なくとも一種含む(1)または(2)に記載の複合アミン吸収液。
- (4) 等級が同じアミノ基を含有するジアミンが、1級鎖状ポリアミン、2級鎖状ポリアミン、2級環状ポリアミンの少なくとも一種を含む(3)に記載の複合アミン吸収液。
- (5) (b) ジアミンは、等級が同じアミノ基を含有するジアミンを少なくとも一種と、等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンを少なくとも一種と、を含む(1)または(2)に記載の複合アミン吸収液。
- (6) 等級が同じアミノ基を含有するジアミンが、1級鎖状ポリアミン、2級鎖状ポリアミン、2級環状ポリアミンの少なくとも一種を含む(5)に記載の複合アミン吸収液。
- (7) 等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンが、

[化10]



R⁴：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアルキル基のいずれか

R⁵：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアルキル基のいずれか

R⁶：ヒドロキシアルキル基

R⁴が水素ではない場合、R⁵も水素ではない

を満たす化合物を少なくとも一種含む（5）に記載の複合アミン吸収液。

（8）（a）の鎖状モノアミンと、（b）のジアミンと、（c）の化学式の環状化合物と、の合計濃度は、吸収液全体の20重量%以上80重量%以下である（1）から（7）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（9）（a）の鎖状モノアミンの濃度は、吸収液全体の15重量%以上60重量%以下である（1）から（8）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（10）（b）のジアミンの濃度は、吸収液全体の1重量%以上25重量%以下である（1）から（9）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（11）（c）の化学式の環状化合物の濃度は、吸収液全体の1重量%以上30重量%以下である（1）から（10）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（12）（（b）のジアミン+（c）の化学式の環状化合物）／（（a）の鎖状モノアミン）の重量比が0.033 ≤ (b+c) / a ≤ 3.7である（1）から（11）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（13）（b）のジアミン／（c）の化学式の環状化合物の重量比が0.033 ≤ b / c ≤ 1.8の配合である（1）から（12）のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液。

（14）CO₂及びH₂Sの少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させてCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を除去する吸収塔と、CO₂及びH₂Sの

少なくとも一方を吸収した溶液を再生する吸収液再生塔とを有し、前記吸収液再生塔で CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去装置であって、(1)から(13)のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液を用いる除去装置。

(15) 前記吸収塔は、吸収温度が、 $30\sim 80^\circ\text{C}$ であり、前記吸収液再生塔は、再生温度が、 110°C 以上である(14)に記載の除去装置。

(16) CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させて CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収塔内で除去し、 CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収した溶液を吸収液再生塔内で再生し、前記吸収液再生塔で CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去方法であって、(1)から(13)のいずれか一つに記載の複合アミン吸収液を用いる除去方法。

(17) 前記吸収塔の吸収温度が、 $30\sim 80^\circ\text{C}$ であり、前記吸収液再生塔の再生温度が、 110°C 以上である(16)に記載の除去方法。

符号の説明

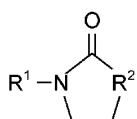
- [0099]
- 12 CO_2 回収装置
 - 13 産業燃焼設備
 - 14 排ガス
 - 16 排ガス冷却装置
 - 17 CO_2 吸収液(リーン溶液)
 - 18 CO_2 吸収塔
 - 19 CO_2 を吸収した CO_2 吸収液(リッチ溶液)
 - 20 吸収液再生塔
 - 21 洗浄水

請求の範囲

[請求項1] ガス中の CO_2 及び H_2S の少なくとも一方を吸収する複合アミン吸収液であって、

- (a) 鎖状モノアミンと、
- (b) ジアミンと、
- (c) 下記化学式の環状化合物と、

[化1]



R¹：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアルキル基のいずれか

R²：酸素またはN-R³

R³：水素，炭素数1～4の炭化水素基，ヒドロキシアルキル基のいずれか

- (d) 水と、を含む複合アミン吸収液。

[請求項2] (a)の鎖状モノアミンは、1級鎖状モノアルカノールアミン、2級鎖状モノアルカノールアミンまたは3級鎖状モノアルカノールアミンの少なくとも一種を含む請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[請求項3] (b)ジアミンは、等級が同じアミノ基を含有するジアミンを少なくとも一種含む請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[請求項4] 等級が同じアミノ基を含有するジアミンが、1級鎖状ポリアミン、2級鎖状ポリアミン、2級環状ポリアミンの少なくとも一種を含む請求項3に記載の複合アミン吸収液。

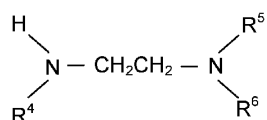
[請求項5] (b)ジアミンは、等級が同じアミノ基を含有するジアミンを少なくとも一種と、等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンを少なくとも一種と、を含む請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[請求項6] 等級が同じアミノ基を含有するジアミンが、1級鎖状ポリアミン、

2級鎖状ポリアミン、2級環状ポリアミンの少なくとも一種を含む請求項5に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項7〕 等級が異なるアミノ基を含有する鎖状ジアミンが、

[化2]



R⁴：水素、炭素数 1～4 の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基のいずれか

R⁵：水素、炭素数1～4の炭化水素基、ヒドロキシアルキル基のいずれか

R⁶：ヒドロキシアルキル基

R^4 が水素ではない場合、 R^5 も水素ではない

を満たす化合物を少なくとも一種含む請求項5に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項8〕 (a)の鎖状モノアミンと、(b)のジアミンと、(c)の化学式の環状化合物と、の合計濃度は、吸収液全体の20重量%以上80重量%以下である請求項1に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項9〕 (a) の鎖状モノアミンの濃度は、吸収液全体の15重量%以上60重量%以下である請求項1に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項10〕 (b) のジアミンの濃度は、吸収液全体の1重量%以上25重量%以下である請求項1に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項11〕 (c)の化学式の環状化合物の濃度は、吸収液全体の1重量%以上30重量%以下である請求項1に記載の複合アミン吸収液。

〔請求項12〕 ((b) のジアミン + (c) の化学式の環状化合物) / ((a) の鎖状モノアミン) の重量比が $0.033 \leq (b+c) / a \leq 3.7$ のである請求項1に記載の複合アミン吸収液。

[請求項13] (b) のジアミン／(c) の化学式の環状化合物の重量比が0.0

33 ≤ b / c ≤ 18 の配合である請求項 1 に記載の複合アミン吸収液。
。

[請求項14] CO₂及びH₂Sの少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させてCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を除去する吸収塔と、CO₂及びH₂Sの少なくとも一方を吸収した溶液を再生する吸収液再生塔とを有し、前記吸収液再生塔でCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去装置であって、
請求項 1 から請求項 13 のいずれか一項に記載の複合アミン吸収液を用いる除去装置。

[請求項15] 前記吸収塔は、吸収温度が、30～80℃であり、
前記吸収液再生塔は、再生温度が、110℃以上である請求項 14 に記載の除去装置。

[請求項16] CO₂及びH₂Sの少なくとも一方を含有するガスと吸収液とを接触させてCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を吸収塔内で除去し、CO₂及びH₂Sの少なくとも一方を吸収した溶液を吸収液再生塔内で再生し、前記吸収液再生塔でCO₂及びH₂Sの少なくとも一方を除去して再生した溶液を前記吸収塔で再利用する除去方法であって、
請求項 1 から請求項 13 のいずれか一項に記載の複合アミン吸収液を用いる除去方法。

[請求項17] 前記吸収塔の吸収温度が、30～80℃であり、
前記吸収液再生塔の再生温度が、110℃以上である請求項 16 に記載の除去方法。